

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-284183

(43)Date of publication of application : 03.10.2003

(51)Int.Cl. H04R 3/02
H04B 3/20
H04M 1/60

(21)Application number : 2002-079727 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

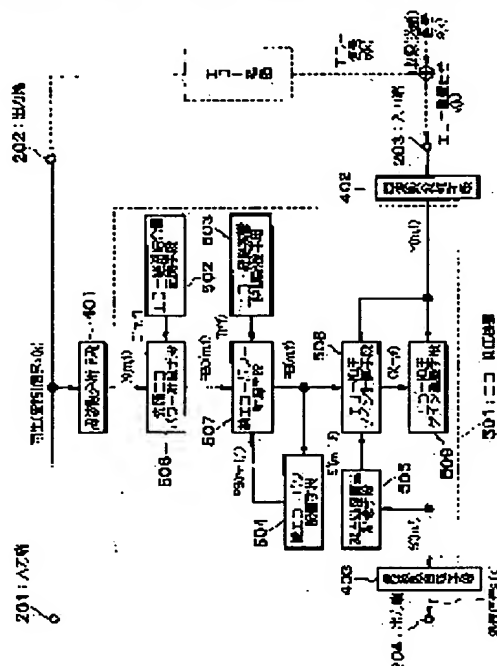
(22)Date of filing : 20.03.2002 (72)Inventor : SAKAUCHI KIYOTAKA
HANEDA YOICHI

(54) ECHO SUPPRESSION APPARATUS, ECHO SUPPRESSION METHOD, AND PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To sufficiently suppress an echo even when the reverberation time is long.

SOLUTION: The echo suppression apparatus is provided with: a first frequency analysis means 401 for converting a reproduction signal $x(k)$ into a frequency band reproduction signal $X(m,f)$; a second frequency analysis means 402 for converting a superimposing signal $y(k)$ into a frequency band superimposing signal $Y(m,f)$; an initial echo strength calculation means 506 for calculating an initial echo strength $PB0(m,f)$ from the frequency band reproduction signal and an echo path coupling amount $C(m,f)$; a total echo strength calculation means 507 for calculating a present total echo strength $PB(m,f)$ from the initial echo strength, a past total echo strength $PB(m-1,f)$, and an echo time $Tr(f)$; an echo suppression gain calculation means 508 for calculating an echo suppression gain $G(m,f)$ from the frequency band superimposing signal, the present total echo strength, and a past frequency band suppression signal $S'(m-1,f)$; an echo suppression gain superimposing means 509 for multiplying the echo suppression gain with the frequency band superimposing signal to calculate the present frequency band suppression signal $S'(m,f)$; and a frequency composition means 403 for converting the present frequency band suppression signal into a time region suppression signal $s'(k)$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.01.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3753996

[Date of registration]

22.12.2005

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-284183
(P2003-284183A)

(43)公開日 平成15年10月3日(2003.10.3)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 0 4 R 3/02		H 0 4 R 3/02	5 D 0 2 0
H 0 4 B 3/20		H 0 4 B 3/20	5 K 0 2 7
H 0 4 M 1/60		H 0 4 M 1/60	C 5 K 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2002-79727(P2002-79727)

(22)出願日 平成14年3月20日(2002.3.20)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 阪内 澄宇

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 羽田 陽一

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(74)代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外2名)

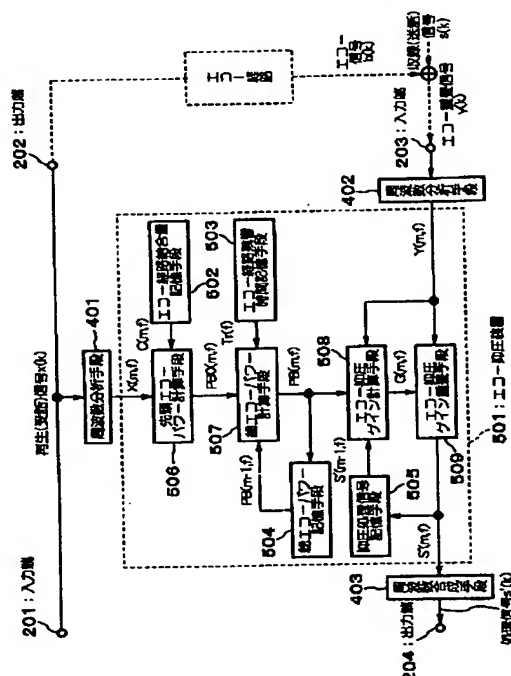
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 反響抑圧装置、反響抑圧方法及びプログラム

(57)【要約】

【課題】 残響時間が長い場合にもエコーを十分に抑圧することを可能にする。

【解決手段】 再生信号 $x(k)$ を周波数帯域再生信号 $X(m, f)$ に変換する第1周波数分析手段401と、重畳信号 $y(k)$ を周波数帯域重畳信号 $Y(m, f)$ に変換する第2周波数分析手段402と、周波数帯域再生信号と反響経路結合量 $C(m, f)$ とから初期反響強度 $PB0(m, f)$ を計算する初期反響強度計算手段506と、初期反響強度と過去の総反響強度 $PB(m-1, f)$ と残響時間 $Tr(f)$ とから現在の総反響強度 $PB(m, f)$ を計算する総反響強度計算手段507と、周波数帯域重畳信号と現在の総反響強度と過去の周波数帯域抑圧信号 $S'(m-1, f)$ とから反響抑圧利得 $G(m, f)$ を計算する反響抑圧利得計算手段508と、周波数帯域重畳信号に反響抑圧利得を乗じて現在の周波数帯域抑圧信号 $S'(m, f)$ を計算する反響抑圧利得重畳手段509と、現在の周波数帯域抑圧信号を時間領域抑圧信号 $s'(k)$ に変換する周波数合成手段403とを設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 再生信号に起因する反響成分が収録信号に重畳して生じる反響を抑圧する反響抑圧装置において、
前記再生信号を周波数帯域再生信号に変換する第1周波数分析手段と、
前記収録信号に前記反響成分が重畳された重畳信号を周波数帯域重畳信号に変換する第2周波数分析手段と、
前記周波数帯域再生信号と、前記再生信号および前記重畳信号から計算される反響経路結合量とから初期反響強度を計算する初期反響強度計算手段と、
前記初期反響強度と、過去の総反響強度と、残響時間とから現在の総反響強度を計算する総反響強度計算手段と、
前記周波数帯域重畳信号と、前記現在の総反響強度と、過去の周波数帯域抑圧信号とから反響抑圧利得を計算する反響抑圧利得計算手段と、
前記周波数帯域重畳信号に前記反響抑圧利得を乗じて現在の周波数帯域抑圧信号を計算する反響抑圧利得重畳手段と、
前記現在の周波数帯域抑圧信号を時間領域抑圧信号に変換する周波数合成手段とを有することを特徴とする反響抑圧装置。

【請求項2】 再生信号に起因する反響成分が収録信号に重畳して生じる反響を抑圧する反響抑圧方法において、
前記再生信号を周波数帯域再生信号に変換する第1周波数分析過程と、
前記収録信号に前記反響成分が重畳された重畳信号を周波数帯域重畳信号に変換する第2周波数分析過程と、
前記周波数帯域再生信号と、前記再生信号および前記重畳信号から計算される反響経路結合量とから初期反響強度を計算する初期反響強度計算過程と、
前記初期反響強度と、過去の総反響強度と、残響時間とから現在の総反響強度を計算する総反響強度計算過程と、
前記周波数帯域重畳信号と、前記現在の総反響強度と、過去の周波数帯域抑圧信号とから反響抑圧利得を計算する反響抑圧利得計算過程と、
前記周波数帯域重畳信号に前記反響抑圧利得を乗じて現在の周波数帯域抑圧信号を計算する反響抑圧利得重畳過程と、
前記現在の周波数帯域抑圧信号を時間領域抑圧信号に変換する周波数合成過程とを有することを特徴とする反響抑圧方法。

【請求項3】 再生信号に起因する反響成分が収録信号に重畳して生じる反響を抑圧する反響抑圧プログラムにおいて、
前記再生信号を周波数帯域再生信号に変換する第1周波数分析過程と、

前記収録信号に前記反響成分が重畳された重畳信号を周波数帯域重畳信号に変換する第2周波数分析過程と、
前記周波数帯域再生信号と、前記再生信号および前記重畳信号から計算される反響経路結合量とから初期反響強度を計算する初期反響強度計算過程と、
前記初期反響強度と、過去の総反響強度と、残響時間とから現在の総反響強度を計算する総反響強度計算過程と、
前記周波数帯域重畳信号と、前記現在の総反響強度と、過去の周波数帯域抑圧信号とから反響抑圧利得を計算する反響抑圧利得計算過程と、
前記周波数帯域重畳信号に前記反響抑圧利得を乗じて現在の周波数帯域抑圧信号を計算する反響抑圧利得重畳過程と、
前記現在の周波数帯域抑圧信号を時間領域抑圧信号に変換する周波数合成過程とをコンピュータに実行させることを特徴とする反響抑圧プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、反響抑圧装置、反響抑圧方法及びプログラムに関し、例えば2線4線変換系および拡声通話系などにおいて、ハウリングの原因および聴覚上の障害となるエコー信号を抑圧し、送話者音声信号を強調する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】まず、このようなハウリングの原因および聴覚上の障害となるエコー信号について図5に示す拡声通話系を参照して説明する。図5において、101、103は送話用マイクロホン、102、104は受話スピーカ、105、107は収録（送話）信号増幅器、106、108は再生（受話）信号増幅器、109は伝送路、110は送話者、111は受話者をそれぞれ表す。送話者110の発声した送話音声は、送話用マイクロホン101、収録（送話）信号増幅器105、伝送路109、再生（受話）信号増幅器108、受話スピーカ104を経て受話者111に伝わる。この拡声通話系は、従来の電話通話系のように送受話器を手を持つ必要がないため、作業をしながらの通話が可能であったり、また、自然な対面通話が実現できるという長所を持ち、通信会議やテレビ電話、拡声電話機などに広く利用が進められている。

【0003】しかしながら、この通話系の欠点として、エコーの存在が問題となっている。すなわち、図5において、スピーカ104から受話側に伝わった音声は、マイクロホン103で受音され、収録（送話）信号増幅器107、伝送路109、再生（受話）信号増幅器106、スピーカ102を経て送話側に再生される。送話者110にとって、この現象は、自分の発声した音声は、スピーカ2から再生されるというエコー現象であり、音響エコーなどと呼ばれている。このエコー現象は、拡声

通話系において通話の障害や不快感などの悪影響を生じる。さらに、スピーカ102から再生された音は、マイクホン101で受信されて信号の閉ループを形成する。そして、ループゲインが1より大きい場合にはハウリング現象が発生して、通話は不能となる。

【0004】このような拡声通話系の問題点を克服するために、反響消去装置（エコーキャンセラ）が利用されている。エコーキャンセラは適応フィルタ部、非線形エコー抑圧処理部のどちらか、もしくはそれらを組み合わせて構成される。ここで、非線形エコー抑圧処理は、音声スイッチやセンタクリップなどの適応フィルタ（線形処理）以外のエコー抑圧処理を指す。適応フィルタ、非線形エコー抑圧処理に関しては、辻井重男監修の「エコーキャンセラ技術」（日本工業技術センター、昭61）などが詳しい。また、ITUの勧告P. 201、P. 204、G. 165、G. 167などにも、構成および要求性能が提示されている。これらの処理によって、比較的静かな環境で利用する従来の通信会議やテレビ電話、拡声電話機などは、十分な通話品質を保証することが可能であった。

【0005】しかし、昨今、拡声通話の利用形態が拡大している。例えば、伝送遅延の大きいパケット網を用いたデスクトップテレビ会議、残響の大きい講堂を用いる遠隔講義などが挙げられる。このような利用環境ではエコーが増大するために、従来の適応フィルタや非線形エコー抑圧処理では、十分な通話品質の保証が困難となっている。

【0006】適応フィルタのフィルタ係数長（タップ長）は、エコー経路の残響時間に基づいて設定される。しかし、残響時間があまりにも長い場合には、装置のハードウェア規模の問題でタップ長が不足し、残留エコーの増大すなわち、エコーの消し残りが発生する。さらに、伝送遅延が大きい場合には、エコーがより聞こえやすくなり、適応フィルタだけでは消去しきれない残留エコーが通話品質の劣化を引き起こす。対して、非線形エコー抑圧処理は、挿入損失の制御などにより大きくロバストにエコー抑圧できる利点がある。しかし、エコーと同時に送話音声が存在する場合は、それらを区別なく抑圧してしまうために、送話音声に歪みや、音の途切れを引き起こしてしまうといった問題が発生してしまう。すなわち、非線形エコー抑圧処理は、双方向同時通話（ダブルトーク）時に、通話品質の劣化を引き起こすという問題がある。

【0007】以上のような問題に対し、ダブルトーク中でも送話音声に歪みを引き起こすことなく、エコーを十分に抑圧するため、周波数領域のエコー抑圧方法が提案されている。その抑圧方法について、図6を用いて簡単に説明する。なお、該エコー抑圧方法として、特願平2000-274031に記載されている方法を用いる。図6において、301がエコー抑圧装置、302がエコー経路伝搬遅延推定部、303が遅延器、304がエコー経路結合

量推定部、305がエコー抑圧ゲイン算出部、306が乗算器、401、402が周波数分析部、403が周波数合成部である。

【0008】はじめに、再生（受話）信号 $x(k)$ およびエコー重畳信号 $y(k)$ をそれぞれ、周波数分析部401、402で周波数領域に変換し信号の短時間スペクトル X, Y をそれぞれ求める（特願平2000-274031では、再生（受話）信号に対してエコー経路の伝搬遅延を考慮した方法が記載されているが、ここではその説明は省略する）。

次に、変換した再生（受話）信号およびエコー重畳信号それぞれのパワー P_X, P_Y の比の極小値から、エコー経路結合量推定部304において、推定エコー経路結合量 P_{He} を計算する。具体的には、所定期間毎にエコー重畳信号のパワーに対する再生（受話）信号のパワーの比を算出し、前回取得した比と今回取得した比とを比較して、小さい方を推定エコー経路結合量とする。そして、エコー抑圧ゲイン算出部において、まず再生（受話）信号パワー P_X に推定エコー経路結合量 P_{He} を乗じて、予測エコー信号パワー P_{Be} を計算する。その予測エコー信号パワー P_{Be} と、エコー重畳信号の短時間スペクトル Y を用いて、エコー抑圧ゲイン G を計算する。エコー抑圧ゲインはエコー重畳信号 $y(k)$ に含まれる収録（送話）信号 $s(k)$ のパワー比率に等しくなるよう決定する。その値を、乗算器でエコー重畳信号 $y(k)$ に乘じることにより、エコーを抑圧した処理信号 Se が得られ、周波数合成部403で変換することにより、エコー信号 $b(k)$ を抑圧し収録（送話）信号 $s(k)$ を強調した時間信号 $se(k)$ が得られる。以上の説明では、それぞれの信号を周波数領域に変換し処理を行っているが、周波数領域に変換せず、時間領域での処理も可能である。この処理については、特願平2000-274031にも記載されている。

【0009】この方法を用いると、エコーが重畳された送信信号 $y(k)$ からエコー信号 $b(k)$ だけを抑圧し、収録（送話）信号 $s(k)$ だけを強調し、相手側に送信することができる。すなわち、非線形エコー抑圧処理でありながら、ダブルトーク時にも収録（送話）信号 $s(k)$ が途切れることなく、エコー信号 $b(k)$ だけを抑圧することが可能となる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】従来方法は、エコー経路の残響時間が短い場合には十分な性能を有するが、エコー経路の残響時間が長い場合は以下のような問題がある。残響時間が長い場合には、音声のエコーとなって反響し戻ってくる時間（エコー継続時間長）が長くなる。従来方法は、エコーをエコー経路結合量（音響結合量）と再生（受話）信号から計算する。ここで、再生（受話）信号は周波数分析のために任意の時間窓で切り出しを行うため、その窓長は通常32msから多くても64ms程度である。この値は、時間分解能と周波数分解能のトレードオフのためにこれ以上増加させることはできない。す

なわち、窓長を増加させると、周波数分解能は向上するが、時間分解能は低下してしまうので、前記の値が適当な値と言える。この時間窓長に対して、通常の会議室の残響時間は約400ms程度である。すなわち、従来方法ではエコーの時間的な前半部分は十分に抑圧可能だが、窓長を超過した後半部分に対応することができないために、エコー抑圧性能が劣化する問題がある。したがって、残響時間が長い場合にも、エコーを十分に抑圧することが本発明の課題となる。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明は、再生信号（実施形態では再生（受話）信号 $x(k)$ ）に起因する反響成分（実施形態ではエコー信号 $b(k)$ ）が収録信号（実施形態では収録（送話）信号 $s(k)$ ）に重畳して生じる反響を抑圧する反響抑圧装置において、前記再生信号を周波数帯域再生信号（実施形態では短時間スペクトル $X(m, f)$ ）に変換する第1周波数分析手段（実施形態では周波数分析手段401）と、前記収録信号に前記反響成分が重畳された重畳信号（実施形態ではエコー重畳信号 $y(k)$ ）を周波数帯域重畳信号（実施形態では短時間スペクトル $Y(m, f)$ ）に変換する第2周波数分析手段（実施形態では周波数分析手段402）と、前記周波数帯域再生信号と、前記再生信号および前記重畳信号から計算される反響経路結合量（実施形態ではエコー経路結合量（音響結合量） $C(m, f)$ ）とから初期反響強度（実施形態では先頭エコーパワースペクトル $PB_0(m, f)$ ）を計算する初期反響強度計算手段（実施形態では先頭エコーパワー計算手段506）と、前記初期反響強度と、過去の総反響強度（実施形態では1処理フレーム前の総エコーパワースペクトル $PB(m-1, f)$ ）と、残響時間（実施形態では残響時間 $Tr(f)$ ）とから現在の総反響強度（実施形態では総エコーパワースペクトル $PB(m, f)$ ）を計算する総反響強度計算手段（実施形態では総エコーパワー計算手段507）と、前記周波数帯域重畳信号と、前記現在の総反響強度と、過去の周波数帯域抑圧信号（実施形態では1処理フレーム前の処理信号の短時間スペクトル $s'(m-1, f)$ ）とから反響抑圧利得（実施形態ではエコー抑圧ゲイン $G(m, f)$ ）を計算する反響抑圧利得計算手段（実施形態ではエコー抑圧ゲイン計算手段508）と、前記周波数帯域重畳信号に前記反響抑圧利得を乗じて現在の周波数帯域抑圧信号（実施形態では短時間スペクトル $s'(m, f)$ ）を計算する反響抑圧利得重畳手段（実施形態ではエコー抑圧ゲイン重畳手段509）と、前記現在の周波数帯域抑圧信号を時間領域抑圧信号（実施形態では処理信号 $s'(k)$ ）に変換する周波数合成手段（実施形態では周波数合成手段403）とを有することを特徴とする。

【0012】また、本発明は、再生信号に起因する反響成分が収録信号に重畳して生じる反響を抑圧する反響抑圧方法において、前記再生信号を周波数帯域再生信号に

変換する第1周波数分析過程と、前記収録信号に前記反響成分が重畳された重畳信号を周波数帯域重畳信号に変換する第2周波数分析過程と、前記周波数帯域再生信号と、前記再生信号および前記重畳信号から計算される反響経路結合量とから初期反響強度を計算する初期反響強度計算過程と、前記初期反響強度と、過去の総反響強度と、残響時間とから現在の総反響強度を計算する総反響強度計算過程と、前記周波数帯域重畳信号と、前記現在の総反響強度と、過去の周波数帯域抑圧信号とから反響抑圧利得を計算する反響抑圧利得計算過程と、前記周波数帯域重畳信号に前記反響抑圧利得を乗じて現在の周波数帯域抑圧信号を計算する反響抑圧利得重畳過程と、前記現在の周波数帯域抑圧信号を時間領域抑圧信号に変換する周波数合成過程とを有することを特徴とする。

【0013】また、本発明は、再生信号に起因する反響成分が収録信号に重畳して生じる反響を抑圧する反響抑圧プログラムにおいて、前記再生信号を周波数帯域再生信号に変換する第1周波数分析過程と、前記収録信号に前記反響成分が重畳された重畳信号を周波数帯域重畳信号に変換する第2周波数分析過程と、前記周波数帯域再生信号と、前記再生信号および前記重畳信号から計算される反響経路結合量とから初期反響強度を計算する初期反響強度計算過程と、前記初期反響強度と、過去の総反響強度と、残響時間とから現在の総反響強度を計算する総反響強度計算過程と、前記周波数帯域重畳信号と、前記現在の総反響強度と、過去の周波数帯域抑圧信号とから反響抑圧利得を計算する反響抑圧利得計算過程と、前記周波数帯域重畳信号に前記反響抑圧利得を乗じて現在の周波数帯域抑圧信号を計算する反響抑圧利得重畳過程と、前記現在の周波数帯域抑圧信号を時間領域抑圧信号に変換する周波数合成過程とをコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0014】本発明では、以下に説明するエコーの推定手段を用いて、上記の課題を解決する。なお、以下の数式で変数 x の y 乗は x^y として表す。

【0015】任意のフレーム m における再生（受話）信号の短時間スペクトル X の周波数 f におけるパワースペクトルを $PX(m, f)$ 、エコー経路結合量（音響結合量）を $C(m, f)$ とする。ここで、エコー経路結合量（音響結合量） $C(m, f)$ の定義はエコー経路への入力信号（再生（受話）信号）に対する出力信号（エコー信号）のパワー比（真数）の短時間平均である。

【0016】実際のエコー経路結合量の推定においては、再生（受話）信号 $x(k)$ 及びエコー重畳信号 $y(k)$ を用いて、エコー重畳信号 $y(k)$ に対する再生（受話）信号 $x(k)$ の比の最小値を更新することにより、エコー経路結合量を算出する。

【0017】エコー経路の出力信号であるエコー信号の現フレームのパワースペクトル（先頭エコーパワースペクトル） $PB_0(m, f)$ は、エコー経路結合量 $C(m, f)$ に再生

(受話) 信号のパワースペクトル $PX(m, f)$ を乗じて式

$$PB0(m, f) = C(m, f) * PX(m, f)$$

【0018】従来方法ではこの値をエコーの推定パワーとして用いていた。しかし、エコー経路から出力されるエコー信号は、現フレームの再生(受話)信号に起因するエコーだけではない。現フレーム以前に発生し、長いエコー経路を経由し反響するために、現フレームのエコーに遅延して加算(重畳)される過去のエコーのフレーム長を超える「尾」の部分がある。以下では、この過去エコーのフレーム長を超える部分についても考慮した処

$$PB(m, f) = PB0(m, f) + r * PB0(m-1, f) + r^2 * PB0(m-2, f) + r^3 * PB0(m-3, f) + \dots \quad (2)$$

同様に、1処理時刻前 $m-1$ の総エコー信号パワー $PB(m-1, f)$ は、

$$PB(m-1, f) = PB0(m-1, f) + r * PB0(m-2, f) + r^2 * PB0(m-3, f) + \dots \quad (3)$$

であり、この同辺に r を掛けると以下の様に変形できる。

$$r * PB(m-1, f) = r * PB0(m-1, f) + r^2 * PB0(m-2, f) + r^3 * PB0(m-3, f) + \dots \quad (4)$$

従って、式(4)を式(2)に代入し整理すると、総エコー信号パワーは以下の式で計算可能となる。

$$PB(m, f) = PB0(m, f) + r * PB(m-1, f) \quad (5)$$

式(5)中の比率 r は、エコー経路の残響時間 $Tr(f)$ [秒] から以下の様に計算できる。処理回数を n 、処理を行う

$$t = n * L / fs \quad (6)$$

$t = Tr(f)$ の場合に、式(6)を n について解くと

$$n = Tr * fs / L \quad (7)$$

となる。残響時間 Tr は、系に出力された信号のエネルギーが最初の状態から例えば60dB減衰するまでの時間で定義される。残響時間は予めインパルス応答を測定し、そ

$$10 * \log_{10} [\{ r^n (Tr(f) * fs / L) * PB(0, f) \} / PB(0, f)] = -60 \quad (8)$$

式(8)を r について解いてから、式(5)に代入すると以下の式が得られる。

$$PB(m, f) = PB0(m, f) + 10^{[-6 * L / (Tr(f) * fs)]} * PB(m-1, f) \quad (9)$$

式(1)および式(9)により、総エコー信号パワー $PB(m, f)$ が、再生(受話)信号のパワー $PX(m, f)$ 、エコー経路結合量(音響結合量) $C(m, f)$ 、1処理フレーム前 $m-1$ までの総エコー信号パワー $PB(m-1, f)$ 、処理フレーム長 L 、残響時間 $Tr(f)$ 、サンプリング周波数 fs から求めることが可能となる。式(9)で計算可能となった総エコー信号パワーは、従来方法で用いていたエコーの推定パワー($PB0(m, f)$ に等しい)よりも正確な値となる。すなわちこの総エコー信号パワーによって計算したエコー抑圧ゲイン G を用いてエコーを抑圧すれば、従来方法で課題

$$Pb0(k) = C(k) * Px(k) \quad (10)$$

となる。以下、式(2)から式(8)についても同様に導

くことができ、式(9)に対応する以下の式が得られ

$$Pb(k) = Pb0(k) + 10^{[-6 / (Tr * fs)]} * Pb(k-1) \quad (11)$$

ここで、 $PB(k)$ および $PB(k-1)$ はそれぞれ、サンプリング時刻 k および1サンプリング時刻前 $k-1$ における総エコーパワーである。

【0021】

【発明の実施の形態】第一実施形態は、音響エコーを抑圧するためのエコー抑圧装置であり、図1にその構成図、図2にそのフローチャートを示す。なお、以下の文中における [] 内の符号は、フローチャート中のステッ

(1) のように求められる。

… (1)

*理を行う。なお、従来方法では推定されたエコーパワーは実際より小さく見積もられていたことになる。

【0019】エコーは時間が経つにつれて、段々とその振幅が減衰する。この減衰比率を1処理(エコー測定)時刻(もし処理が1フレームに1回の場合は、フレーム長 L 間隔)あたりに r ($r < 1$) とすると、エコー信号パワーの合計(総エコー信号パワー) $PB(m, f)$ は以下の式で表すことができる。

$$PB(m, f) = PB0(m, f) + r * PB0(m-1, f) + r^2 * PB0(m-2, f) + r^3 * PB0(m-3, f) + \dots \quad (2)$$

f は、

$$PB(m-1, f) = PB0(m-1, f) + r * PB0(m-2, f) + r^2 * PB0(m-3, f) + \dots \quad (3)$$

る。

$$r * PB(m-1, f) = r * PB0(m-1, f) + r^2 * PB0(m-2, f) + r^3 * PB0(m-3, f) + \dots \quad (4)$$

一信号パワーは以下の式で計算可能となる。

$$PB(m, f) = PB0(m, f) + r * PB(m-1, f) \quad (5)$$

*フレーム長を L (サンプル)、サンプリング周波数を fs とすると、任意の時刻 t は、

$$t = n * L / fs \quad (6)$$

… (7)

★のインパルス応答を積分して得られるエネルギーを用いて求められる。最初のエコー信号のエネルギーを $PB(0, f)$ とすると、

$$10 * \log_{10} [\{ r^n (Tr(f) * fs / L) * PB(0, f) \} / PB(0, f)] = -60 \quad (8)$$

以下の式が得られる。

$$PB(m, f) = PB0(m, f) + 10^{[-6 * L / (Tr(f) * fs)]} * PB(m-1, f) \quad (9)$$

☆となった残響時間が多い場合にもエコーが十分に抑圧可能となる。

【0020】以上は周波数領域においてフレーム間隔で処理を行う場合について説明した。同様に、時間領域においてサンプリング間隔で処理を行う場合についても以下の通り適用できる。任意のサンプリング時刻 k における再生(受話)信号 $x(k)$ のパワーを $Px(k)$ 、エコー経路結合量(音響結合量)を $C(k)$ とすると、エコー信号の現サンプリング時刻のパワー $Pb0(k)$ は式(1)と同様に、

$$Pb0(k) = C(k) * Px(k) \quad (10)$$

40 ◆る。

$$Pb(k) = Pb0(k) + 10^{[-6 / (Tr * fs)]} * Pb(k-1) \quad (11)$$

プを表す。入力端201から入力された再生(受話)信号 $x(k)$ は出力端202から出力されエコー経路を伝搬した後にエコー信号 $b(k)$ となる。そして、収録(送話)信号 $s(k)$ に加算され、エコー重畳信号 $y(k)$ となる。ここで、エコー抑圧装置には、音響エコーを抑圧するためのものと、回線エコーを抑圧するためのものがある。音響エコーを抑圧するためのエコー抑圧装置の場合、再生信号 $x(k)$ は受話信号に相当し、エコー経路はスピーカ(拡

声器)・マイクロホン(収音器)間の音響エコー経路に相当し、収録信号 $s(k)$ は送話信号に相当する。一方、回線エコーを抑圧するためのエコー抑圧装置の場合、再生信号 $x(k)$ は送話信号に相当し、エコー経路は2線4線変換用ハイブリッド回路のインピーダンス不整合によって発生する回線エコー経路に相当し、収録信号 $s(k)$ は受話信号に相当する。以下では、これらを代表して、音響エコーを抑圧するためのエコー抑圧装置を例に挙げて説明を行う。エコー重畳信号 $y(k)$ は入力端203から入力され、周波数分析手段402で周波数領域に変換され短時間スペクトル $Y(m, f)$ となり、エコー抑圧装置501へと入力される。同時に、再生(受話)信号 $x(k)$ も周波数分析手段401で周波数領域に変換され短時間スペクトル $X(m, f)$ となり、エコー抑圧装置501に入力される〔S1〕。ここで、 k は任意のサンプリング時刻、 m は周波数変換を行う際に切り取ったフレーム、 f は任意の周波数とする。

【0022】エコー抑圧装置501では、はじめに先頭エコーパワー計算手段506において、エコー経路結合*

$$= (1 - \beta) * (|Y(m, f)|^2 - PB(m, f)) / |Y(m, f)|^2 + \beta * |S'(m-1, f)|^2 / |Y(m, f)|^2$$

… (12)

そして、エコー抑圧ゲイン重畳手段509において、短時間スペクトル $Y(m, f)$ にエコー抑圧ゲイン $G(m, f)$ を乗じてエコー信号を抑圧し、抑圧処理信号である短時間スペクトル $S'(m, f)$ を出力する〔S10〕。

【0023】そして、抑圧処理信号である短時間スペクトル $S'(m, f)$ を、抑圧処理信号記憶手段505(メモリ14)に書き込む〔S11〕と共に、エコー抑圧装置501から出力し〔S12〕、周波数合成手段403において時間領域に変換し、エコーを抑圧した処理信号 $s'(k)$ を得て、出力端204に出力する。なお、本処理は、周波数分析手段401、402および周波数合成手段403を用いることなく、時間領域の信号によっても処理可能である。また、図3に示すように入出力が N チャネル($N>1$)の場合にも、全てのチャネルに対して独立に処理を行うことにより、 N チャネルのエコー抑圧が可能である。

【0024】第二実施形態は、音響エコー抑圧装置の前段に適応フィルタで構成されたエコーキャンセラ205を組み合わせた実施例であり、図4にその構成図を示す。エコー抑圧装置501の処理は、第一実施形態と等しいが、エコー重畳信号 $y(k)$ の代わりにエコーキャンセラ(適応フィルタ)205によってある程度まで消去された残留エコー $e(k)$ の重畳した信号を入力信号とする。この場合、周波数帯域毎エコー経路結合量は、前段のエコーキャンセラ(適応フィルタ)205を含んだ結合量となるが、エコー抑圧装置501の処理として不具合が生じることはない。

【0025】なお、上記の各実施形態を構成する各構成要素(各手段)は専用のハードウェアによって実現され

* 畳記憶手段502(メモリ11)からエコー経路結合量(音響結合量) $C(m, f)$ を読み込み〔S2〕、式(1)に従いパワースペクトル $PX(m, f)$ から先頭エコーパワースペクトル $PB0(m, f)$ を求める〔S3〕。次に、総エコーパワー計算手段507において、エコー経路残響時間記憶手段503(メモリ12)から残響時間 $Tr(f)$ を読み込み〔S4〕、総エコーパワー記憶手段504(メモリ13)から1処理フレーム前の総エコーパワースペクトル $PB(m-1, f)$ を読み込み〔S5〕、式(9)に従い総エコーパワースペクトル $PB(m, f)$ を求める〔S6〕。そして、求めた総エコーパワースペクトル $PB(m, f)$ を、総エコーパワー記憶手段504(メモリ13)に書き込む〔S7〕。次にエコー抑圧ゲイン計算手段508において、抑圧処理信号記憶手段505(メモリ14)から1処理フレーム前の処理信号の短時間スペクトル $S'(m-1, f)$ を読み込み〔S8〕、短時間スペクトル $Y(m, f)$ および総エコーパワースペクトル $PB(m, f)$ から以下の式に従いエコー抑圧ゲイン $G(m, f)$ を計算する〔S9〕。 $G(m, f)$

るものであってもよいが、全体がメモリやCPU(中央演算処理装置)等を有するコンピュータによって構成され、各構成要素の機能が、コンピュータのメモリにロードされ、CPUによって実行されるプログラムによって実現されるものであってもよい。このとき、上記の各記憶手段は、ハードディスク、フレキシブルディスク、CD-RW(CD-ReWritable)、光磁気ディスク、フラッシュメモリ、RAM(Random Access Memory)あるいはこれらの組み合わせによって構成される。

【0026】また、上記のプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータに読み込ませ、実行することにより、上記の各構成要素の機能を実現してもよい。なお、ここでいう「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R(CD-Recordable)、CD-RW等の可搬媒体や、コンピュータに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことである。

【0027】さらに、上記の「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」は、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの(伝送媒体ないしは伝送波)や、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータ内の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

【0028】

【発明の効果】以上説明した本発明によれば以下の効果が生じる。残響時間の大きい場合に、長いエコー経路を

11

反響して遅延を伴い返ってくるエコーに対しても、エコー信号パワーの合計を正確に計算することが可能となり、エコーを十分に抑圧することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第一実施形態の構成を示すブロック図である。

【図2】 本発明の第一実施形態の動作を示すフローチャートである。

【図3】 入出力がNチャンネル(N>1)の場合の構成を示すブロック図である。

【図4】 本発明の第二実施形態の構成を示すブロック図である。

【図5】 従来の拡声通話系の構成を示すブロック図である。

【図6】 従来のエコー抑圧装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

201、203 入力端

202、204 出力端

205 エコーキャンセラ（適応フィルタ）

401 周波数分析手段（第1周波数分析手段）

402 周波数分析手段（第2周波数分析手段）

403 周波数合成手段

501 エコー抑圧装置

502 エコー経路結合量記憶手段

12

503 エコー経路残響時間記憶手段

504 総エコーパワー記憶手段

505 抑圧処理信号記憶手段

506 先頭エコーパワー計算手段（初期反響強度計算手段）

507 総エコーパワー計算手段（総反響強度計算手段）

508 エコー抑圧ゲイン計算手段（反響抑圧利得計算手段）

10 509 エコー抑圧ゲイン重畳手段（反響抑圧利得重畳手段）

101、103 送話用マイクロホン

102、104 受話スピーカ

105、107 収録（送話）信号増幅器

106、108 再生（受話）信号増幅器

109 伝送路

110 送話者

111 受話者

301 エコー抑圧装置

20 302 エコー経路伝搬遅延推定部

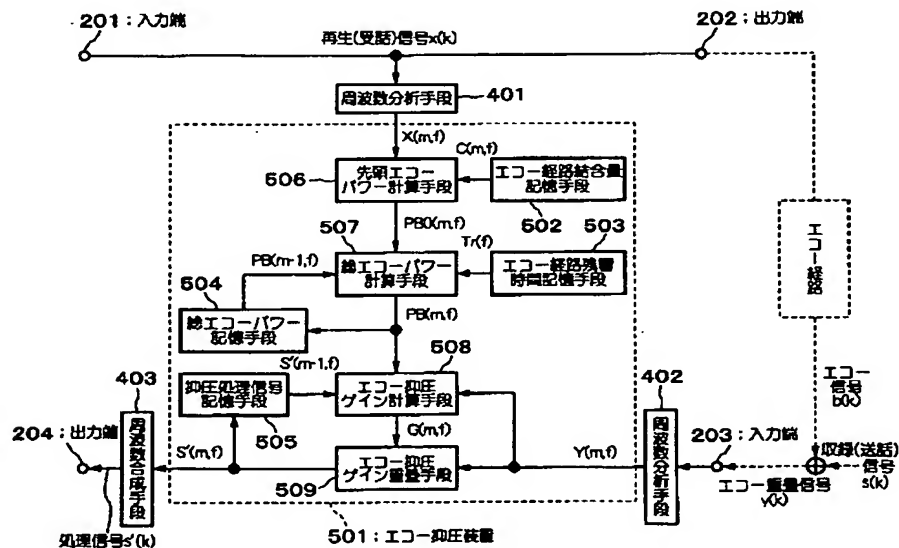
303 遅延器

304 エコー経路結合量推定部

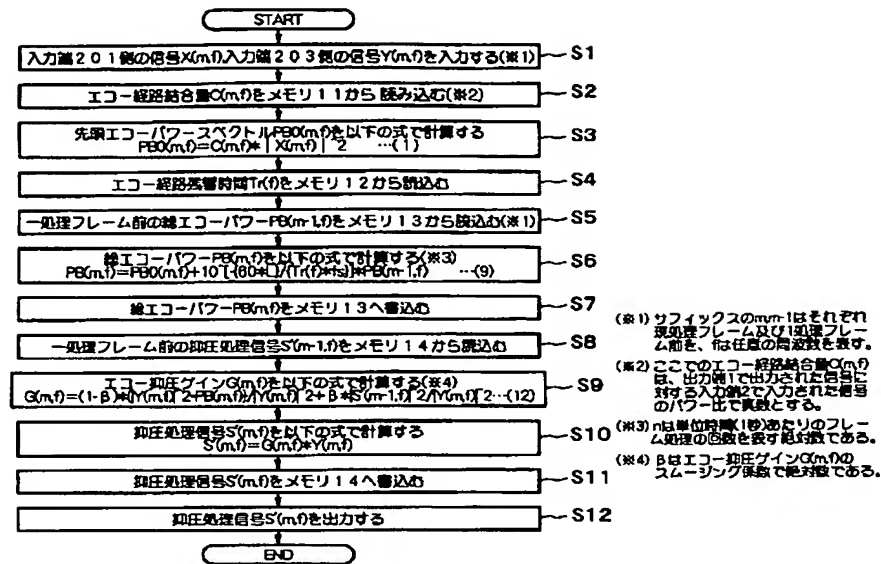
305 エコー抑圧ゲイン算出部

306 乗算器

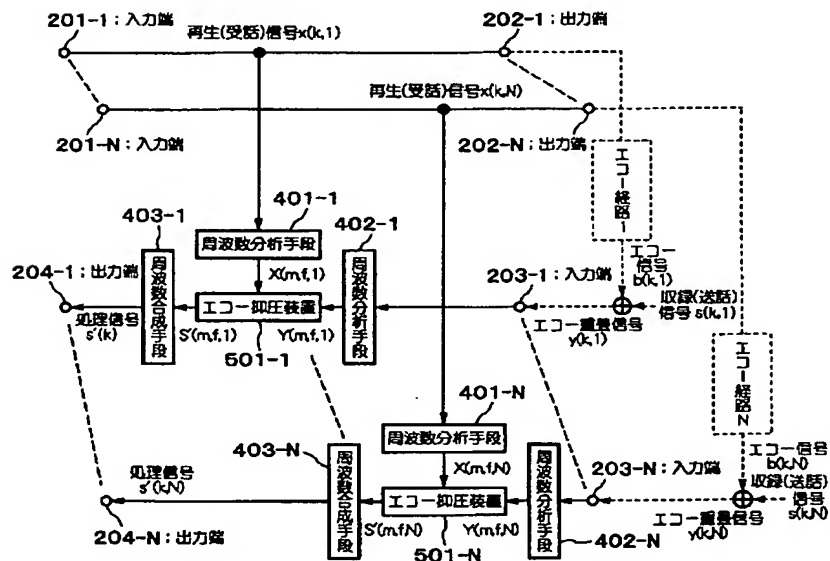
【図1】



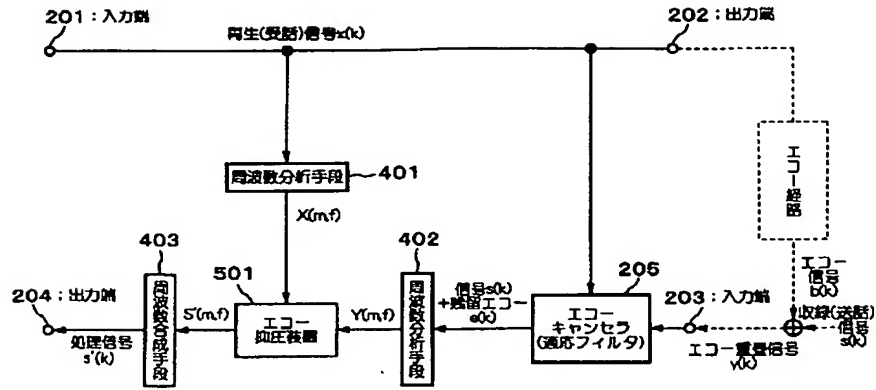
【図2】



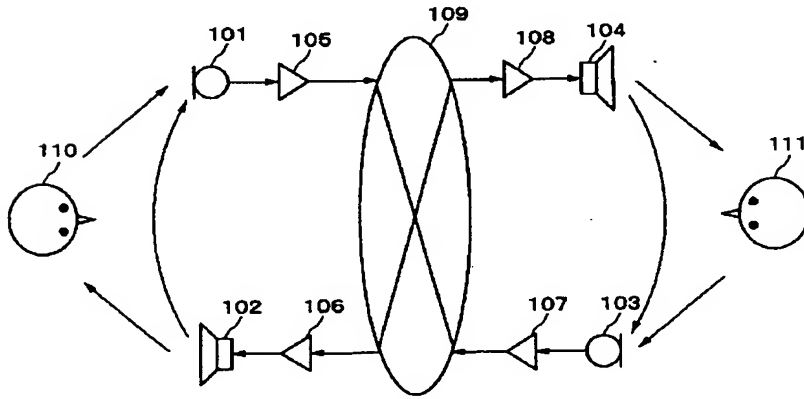
【図3】



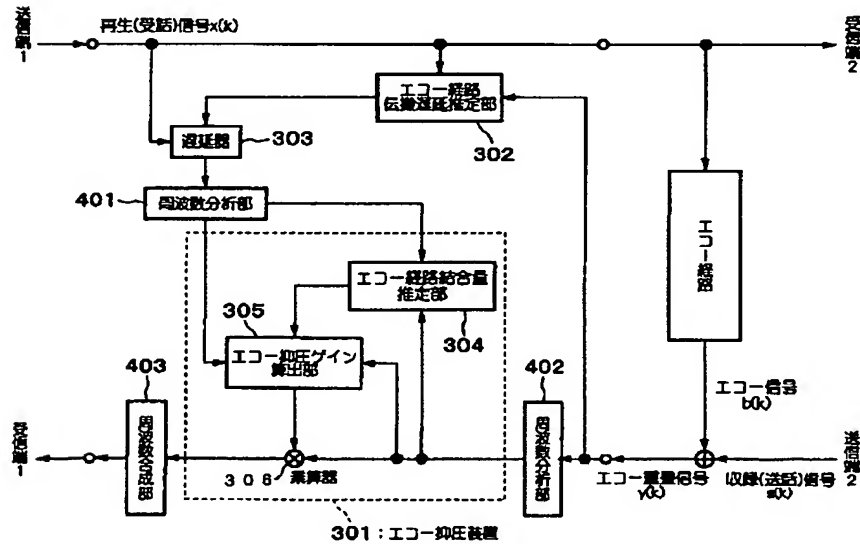
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D020 CC06
5K027 BB03 DD07 DD10
5K046 HH11 HH29 HH30 HH37 HH61
HH69 HH79